

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : '06-132571
(43)Date of publication of application : 13.05.1994

(51)Int.Cl.

H01L 39/16
H01B 12/02
H02H 9/02

(21)Application number : 04-282721

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 21.10.1992

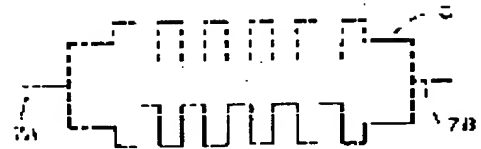
(72)Inventor : HAYASHI NORIKATA
YOSHIDA NORIYUKI
TAKANO SATORU
HASEGAWA KATSUYA
FUJINO KOZO

(54) CURRENT LIMITING ELEMENT AND CURRENT LIMITING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a current limiting element capable of making to flow a high current through a current limiting circuit.

CONSTITUTION: A current limiting element is one for a current limiting circuit formed into a structure, wherein an oxide superconducting thin film 6 is formed on a substrate, the thin film is made to quench to generate a resistance and a conducting current is limited. The element has at least two parallel structures or more consisting of the thin film 6 only formed on the substrate and is capable of making to flow a current of a current value higher than the critical current value of a current in the thin film 6 itself through the current limiting circuit.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-132571

(43) 公開日 平成 6 年 (1994) 5 月 13 日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 39/16	ZAA	9276-4M		
H01B 12/02	ZAA	7244-5G		
H02H 9/02		B 9059-5G		

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平4-282721

(22) 出願日 平成 4 年 (1992) 10 月 21 日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 33 号

(72) 発明者 林 憲器

大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 葭田 典之

大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 高野 悟

大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外 3 名)

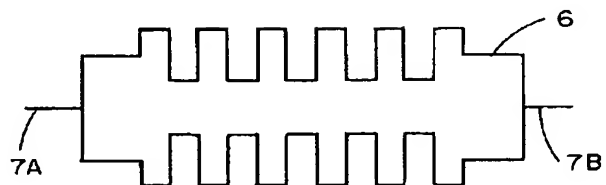
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 限流素子および限流装置

(57) 【要約】

【目的】 限流回路に大きな電流を流すことができる限流素子を提供する。

【構成】 基板上に酸化物超電導薄膜を形成しクエンチさせて抵抗を発生させ通電電流を制限する限流回路用の限流素子であって、基板上に形成された酸化物超電導薄膜のみからなる少なくとも 2 つ以上の並列構造を有し、限流回路に酸化物超電導薄膜自体の臨界電流値以上の電流を流すことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に酸化物超電導薄膜を形成し、クエンチさせて抵抗を発生させ、通電電流を制限する限流回路用の限流素子であって、前記基板上に形成された酸化物超電導薄膜のみからなる少なくとも 2 つ以上の並列構造を有し、前記限流回路に前記酸化物超電導薄膜自体の臨界電流値以上の電流を流すことができる、限流素子。

【請求項 2】 通電電流を制限する限流装置であって、基板と、前記基板上に形成され、かつクエンチすることにより抵抗を発生する酸化物超電導薄膜と、前記基板上に形成され、かつ前記酸化物超電導薄膜の端部に接続される常電導膜とからなる、限流装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】本発明は、基板上に酸化物超電導薄膜を形成し、クエンチさせて抵抗を発生させ、通電電流を制限する限流素子に関し、特に用途に応じた限流素子に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】超電導体を用いた限流素子（以下「超電導限流素子」という）は、事故時における大容量の短絡電流抑制装置として、さらには、パワーエレクトロニクス機器の過電流からの保護や、全超電導発電機あるいは超電導トランスなどを、事故電流から保護するために、その開発が注目されてきている。

【 0 0 0 3 】図 7 は、酸化物超電導薄膜を用いて限流を行なう原理を説明するための回路図である。

【 0 0 0 4 】図 7 を参照して、この回路は、電源 1、抵抗 2 および基板 4 上に形成された酸化物超電導薄膜 3 が、直列に接続されている。通電電流が酸化物超電導薄膜の臨界電流値以下である正常状態のときには、酸化物超電導薄膜 3 は超電導状態にあり、抵抗がゼロとなつてマイスナー効果を示すため、通電電流に影響を及ぼすことはない。事故等により、この回路に短絡電流が流れ、通電電流が酸化物超電導薄膜 3 の臨界電流値を超えると、酸化物超電導薄膜 3 は、超電導状態が破れ、常電導状態の高抵抗体へと変化するため、通電電流は抑制され、いわゆる限流が行なわれる。正常状態に復帰し、通電電流が酸化物超電導薄膜 3 の臨界電流値以下になると、酸化物超電導薄膜 3 は、再び超電導状態となり、抵抗がゼロとなつてマイスナー効果を示すため、通電電流に影響を及ぼすことはない。

【 0 0 0 5 】このような抵抗変化を利用する代わりに、インダクタンスを利用する限流素子も考えられるが、限流時には通電電流が大きなインダクタンスを持つコイルに流れるようにしなければならず、構造が複雑で大型となりやすい、という問題がある。

【 0 0 0 6 】抵抗変化を利用する限流素子では、液体へ

リウム中では、クエンチ時の発熱により、冷媒が瞬時に沸騰するため、従来の低温超電導体を用いて限流素子を製造することは実現できなかった。しかしながら、酸化物高温超電導体は、熱伝導率や蒸発潜熱の大きな液体窒素を冷媒とするため、抵抗変化を利用する限流素子を実現できるようになった。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】一般に、超電導限流素子には、以下の特性が要求される。すなわち、（１）定常時、超電導状態で所定電流を流すことができること、（２）限流時のインダクタンスが、負荷に比べて十分大きいこと、（３）限流時発生する電圧に耐えること、（４）限流、復帰時間が短いこと、である。

【 0 0 0 8 】（２）については、正常時に比べて、クエンチ時の抵抗を大きくすることが必要である。一般に、酸化物超電導薄膜は、線材のようなバルク状の酸化物超電導体と比較して、クエンチ時の抵抗が大きいいため、超電導限流素子には酸化物超電導薄膜を用いることが好ましい。また、（４）については、図 7 に示すような抵抗変化を利用する限流素子の場合、動作が単純なため、限流、復帰時間は短くなることが予想される。

【 0 0 0 9 】しかしながら、（１）については、酸化物超電導薄膜は、それ自体の臨界電流密度は高いものの、臨界電流を大きくするには限界があった。膜厚を厚くすることによって臨界電流を大きくすることも考えられるが、膜厚を厚くすると、酸化物超電導薄膜自体の臨界電流密度が低下してしまう現象が見られた。したがって、このような臨界電流値に限界のある限流素子を用いて限流を行なう際には、限流回路に大きな電流を流すことができないという問題点があった。

【 0 0 1 0 】また、酸化物超電導薄膜を用いた限流素子は、素子自体はコンパクトであるが、この限流素子を用いて限流を行なうための限流回路には、図 7 に示すように別途抵抗が必要になるので、回路としてコンパクトなものにできないという問題点があった。

【 0 0 1 1 】この発明の目的は、上述の課題を解決し、限流回路に大きな電流を流すことができる限流素子およびコンパクトな限流装置を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】この発明による限流素子は、基板上に酸化物超電導薄膜を形成しクエンチさせて抵抗を発生させ通電電流を制限する限流回路用の限流素子であって、基板上に形成された酸化物超電導薄膜のみからなる少なくとも 2 つ以上の並列構造を有し、限流回路に酸化物超電導薄膜自体の臨界電流値以上の電流を流すことができる。

【 0 0 1 3 】また、この発明による限流装置は、通電電流を制限する限流装置であって、基板と、基板上に形成され、かつクエンチすることにより抵抗を発生する酸化物超電導薄膜と、基板上に形成され、かつ酸化物超電導

薄膜の端部に接続される常電導膜とからなる。

【0014】

【発明の作用効果】この発明の限流素子は、酸化物超電導薄膜のみからなる少なくとも2つ以上の並列構造を有している。したがって、この限流素子を用いた限流回路には、酸化物超電導薄膜の臨界電流値を超える大きな電流を流すことができる。

【0015】また、1枚の基板上に、電路を直列または並列に任意に作製することができるので、回路の小型化が可能となり、製造コストを下げることもできる。

【0016】一方、常電導膜を同一の基板上に作製し、

反応防止層の成膜条件

ターゲット組成	ZrO ₂
基材温度	500℃
レーザピーク出力	2 J
レーザパルス幅	50 ns
レーザ周波数	50 Hz
ガス圧	0.1 Torr
膜厚	0.2 μm

【0019】次に、反応防止層として形成されたジルコニア層上に、レーザ蒸着法により、膜厚1 μmのY₁Ba₂Cu₃O_x超電導薄膜を形成した。このときの成膜

酸化物超電導薄膜の端部と接続されてなる限流装置は、限流回路中の抵抗が不要となるため、限流回路をコンパクトにすることができる。

【0017】

【実施例】実施例1

4インチの大きさのシリコン単結晶基板上に、レーザ蒸着法により、膜厚0.2 μmのジルコニア層を反応防止層として形成した。このときの成膜条件を、表1に示す。

【0018】

【表1】

条件を、表2に示す。

【0020】

【表2】

YBaCuO系超電導膜の成膜条件

ターゲット組成	Y ₁ Ba ₂ Cu ₃ O _x
基材温度	650℃
レーザピーク出力	1 J
レーザパルス幅	10 ns
レーザ周波数	10 Hz
ガス圧	0.1 Torr
膜厚	1 μm

【0021】このようにして得られた酸化物超電導薄膜サンプルの超電導特性を測定したところ、臨界温度は89 K、臨界電流密度は液体窒素中で2.5 × 10⁶ A/cm²であった。

【0022】この酸化物超電導薄膜サンプルに対して、湿式法により図2に示すような回路パターンを描き、限流素子を作製した。図3は、作製された限流素子の構成を示す回路図である。図3に示すように、この限流素子

は、すべて酸化物超電導薄膜6で構成され、2つの並列構造を有し、両端に端子7A、7Bが接続されている。また、2つに分かれている超電導ラインに流れる臨界電流値(I_c)は、回路パターンの幅を等しくすることによって、それぞれ等しく(I_c=25 A)になっている。

【0023】このように構成される限流素子を用いて、限流回路を組み立てた。図1は、このときの限流回路の構成を示す回路図である。図1に示すように、この限流

回路は、電源1、1Ωの抵抗2および酸化物超電導薄膜よりなる限流素子5が、直列に接続されている。限流素子5を液体窒素中に浸漬させ、回路に流す電流I。を1Aから徐々に大きくしていった。電流I。をI。 $> 2 I_c$ まで増加させた時点で、印加電流値が約20分の1に低下し、限流動作が確認できた。

【0024】比較例1

実施例1と同様に、シリコン単結晶基板上に、表1に示す条件で反応防止層として膜厚0.2μmのジルコニア層を、さらにその上に、表2に示す条件で膜厚1μmのY₁Ba₂Cu₃O_x超電導薄膜を、それぞれレーザ蒸着法で形成した。

【0025】このようにして得られた酸化物超電導薄膜サンプルに対して、湿式法により図2に示すような回路パターンを描き、限流素子を作製した。図4は、作製された限流素子の構成を示す回路図である。図4に示すように、この限流素子は、細線で示した酸化物超電導薄膜6および太線で示した常電導線8より構成され、2つの並列構造を有し、両端に端子7A、7Bが接続されている。また、2つに分かれている超電導ラインに流れる臨界電流値(I_c)は、回路パターンの幅を等しくすることによって、それぞれ等しく(I_c=25A)になっている。

【0026】このように構成される限流素子を用いて、図1に示すような限流回路を組み立てた。酸化物超電導薄膜6および常電導線8よりなる限流素子5を液体窒素中に浸漬させ、回路に流す電流I。を1Aから徐々に大きくしていった。電流I。をI。 $> I_c$ まで増加させた時点で、限流素子として動作し、印加電流が減少してしまい、並列構造を有するにもかかわらず大きな電流まで流すことができなかった。

【0027】比較例2

実施例1と同じシリコン単結晶基板上に、反応防止層を設けずに直接に、レーザ蒸着法により、膜厚1μmのY₁Ba₂Cu₃O_x超電導薄膜を形成した。このときの成膜条件は、表1に示すとおりであった。

【0028】このようにして得られた酸化物超電導薄膜サンプルについて、4端子法により温度-抵抗特性を測定した。その結果、反応防止層を設けずに酸化物超電導薄膜サンプルは、4Kでも超電導状態になっていないことがわかった。

【0029】比較例3

粉末法により、大きさ1mm×1mm、長さ5mmの棒状のYBaCuO系超電導体を作製した。この棒状酸化物超電導体サンプルの常温での電気抵抗値は3Ωで、液体窒素中での臨界電流値は3Aであった。

【0030】この棒状酸化物超電導体サンプルを限流素子5として用い、図1に示すような限流回路を組み立てた。棒状酸化物超電導体よりなる限流素子5を液体窒素中に浸漬させ、回路に流す電流I。を1Aから徐々に大きくしていった。電流I。をI。 $> I_c$ まで増加させた時点で、限流素子として動作し、印加電流が減少したが、約2分の1にしか低下しなかった。

【0031】実施例2

サファイア基板上に、表1に示す条件で、反応防止層としてジルコニア層を形成した。さらにその上に、BiSrCaCuO系超電導体の高温相の膜を、表3に示す条件で形成した。なお、膜厚は1μmとなるように、成膜時間で調整した。

【0032】

【表3】

BiSrCaCuO系超電導膜の成膜条件

ターゲット	Bi ₄ Sr ₂ Ca ₂ Cu ₃ O _x
成膜温度	730℃
RFパワー	75W
ガス圧	100mTorr
ガス組成	Ar/O ₂ = 1/2
基材	サファイア

【0033】このようにして得られた酸化物超電導薄膜サンプルに対して、実施例1と同様に湿式法により図2に示すような回路パターンを描き、図3に示すような限流素子を作製した。2つに分かれている超電導ラインに流れる臨界電流値(I_c)は、回路パターンの幅を等しくすることによって、それぞれ等しく(I_c=25A)になっている。

【0034】この限流素子を用いて、図1に示すような限流回路を組み立てた。限流素子5を液体窒素中に浸漬させ、回路に流す電流I。を1Aから徐々に大きくしていった。電流I。をI。 $> 2 I_c$ まで増加させた時点で、印加電流値が約20分の1に低下し、限流動作が確認できた。

50 【0035】実施例3

実施例 1 と同様に、シリコン単結晶基板上に、表 1 に示す条件で反応防止層として膜厚 $0.2 \mu\text{m}$ のジルコニア層を、さらにその上に、表 2 に示す条件で膜厚 $1 \mu\text{m}$ の YBaCuO 超電導薄膜を、それぞれレーザ蒸着法で形成した。

【0036】このようにして得られた酸化物超電導薄膜サンプルに対して、実施例 1 と同様に湿式法により図 2 に示すような回路パターンを描き、図 5 に示すような限流素子を作製した。図 5 を参照して、これらの限流素子は、すべて酸化物超電導薄膜 6 で構成され、それぞれ

(a) は 3 つ、(b) は 4 つ、(c) は 5 つの並列構造を有し、両端に端子 7 A, 7 B が接続されている。また、複数に分かれている超電導ラインに流れる臨界電流値 (I_c) は、回路パターンの幅を等しくすることによって、それぞれ等しく ($I_c = 25 \text{ A}$) になっている。

【0037】これらの限流素子を用いて、図 1 に示すように限流回路を組み立てた。限流素子 5 を液体窒素中に浸漬させ、回路に流す電流 I_0 を 1 A から徐々に大きくしていった。(a) に示す 3 並列タイプでは $I_0 > 3 I_c$ 、(b) に示す 4 並列タイプでは $I_0 > 4 I_c$ 、(c) に示す 5 並列タイプでは $I_0 > 5 I_c$ まで増加させた時点で、それぞれ印加電流値が減少し、限流動作が確認できた。

【0038】実施例 4

図 6 は、この発明のさらに別の実施例である限流装置を用いた限流回路を示す回路図である。

【0039】図 6 に示すように、この回路に用いられる限流装置は、実施例 1 と同様の YBaCuO 系超電導薄膜からなる限流素子 5 に、図に示す形状のタングステン抵抗体 9 が接続されている。タングステン抵抗体 9 は、 YBaCuO 系超電導薄膜が形成されているのと同じ基板上に、スパッタリング法により成膜されたものである。この限流回路は、限流素子 5 にタングステン抵抗体 9 が接続された限流装置と電源 1 とが、直列に接続されている。

【0040】 YBaCuO 系超電導薄膜からなる限流素子 5 にタングステン抵抗体 9 が接続された限流装置を、液体窒素中に浸漬させ、回路に流す電流 I_0 を徐々に大きくしていった。電流 I_0 を $I_0 > 2 I_c$ まで増加させた時点で、印加電流値が減少し、限流動作が確認できた。

【0041】このことから、タングステン抵抗体を、酸化物超電導薄膜からなる限流素子と一体化し、小型化させた限流装置でも、実施例 1 および実施例 2 と同等の性

能が得られることが確認された。

【0042】なお、本発明に用いられる酸化物超電導物質としては、臨界温度が高い YBaCuO 系および BiSrCaCuO 系超電導物質等が好ましく、これらは液体窒素中で超電導状態とすることができる。

【0043】また、酸化物超電導薄膜を形成する場合には、従来、基板として MgO 、 SrTiO_3 単結晶基板が使用されていたが、高価であり、入手できる大きさに制限があったため、コスト的に有利ではなかった。そこで、大きなサイズが比較的安価な価格で入手できるシリコン単結晶基板、サファイア基板を用いることにより、経済的に大面積酸化物超電導薄膜を得ることができる。ただし、シリコン単結晶基板およびサファイア基板を基材として用いる場合には、基材と超電導膜との反応を抑制するために、反応防止層を設けることが必要である。反応防止層を設ければ、 MgO 、 SrTiO_3 単結晶基板上に形成された薄膜に匹敵する超電導特性を得ることができる。反応防止層としては、ジルコニア、 MgO 、銀等が好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】限流素子を用いた限流回路の回路図である。

【図 2】この発明の実施例において用いられる限流素子の回路パターン図である。

【図 3】この発明の一実施例において用いられる限流素子の回路図である。

【図 4】図 3 に示す限流素子と比較するための限流素子の回路図である。

【図 5】この発明の別の実施例において用いられる限流素子の回路図である。

【図 6】この発明のさらに別の実施例を示す限流回路の回路図である。

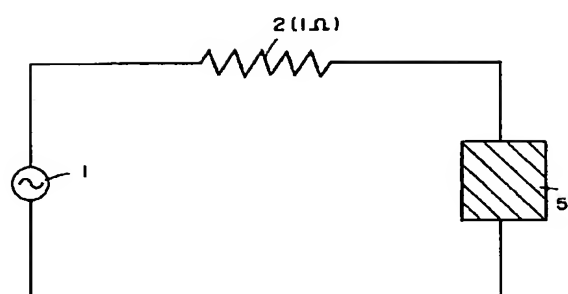
【図 7】酸化物超電導薄膜を用いた限流回路の回路図である。

【符号の説明】

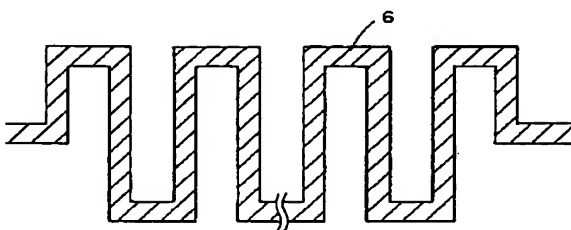
- 1 電源
- 2 抵抗
- 3 酸化物超電導薄膜
- 4 基板
- 5 限流素子
- 6 酸化物超電導薄膜
- 7 A, 7 B 端子
- 8 常電導線
- 9 タングステン抵抗体

なお、各図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

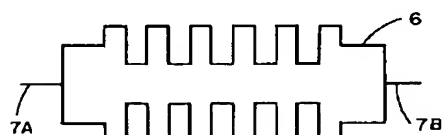
【図 1】



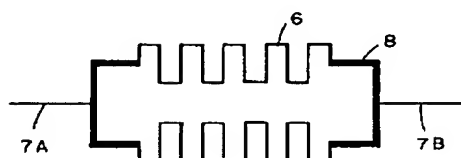
【図 2】



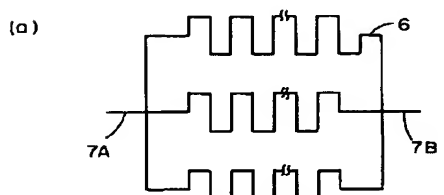
【図 3】



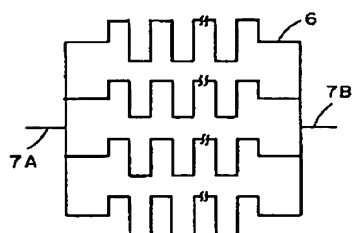
【図 4】



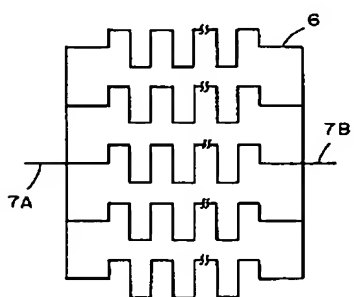
【図 5】



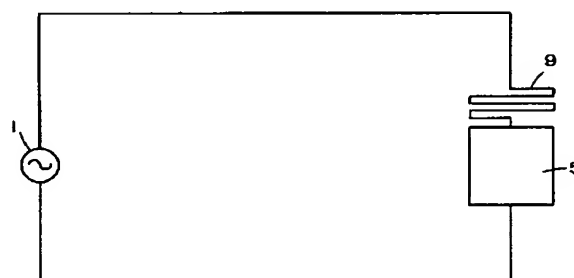
(b)



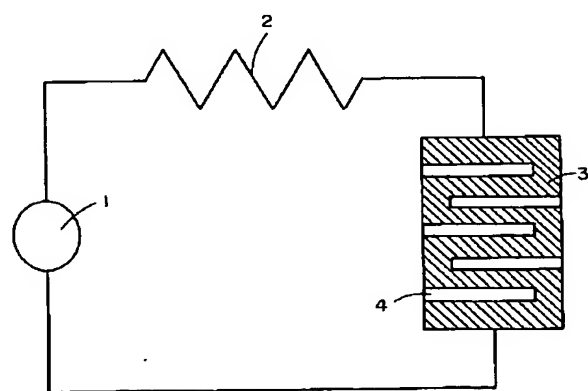
(c)



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 長谷川 勝哉

大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 藤野 剛三

大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内